

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-252113

(43)Date of publication of application : 09.09.1994

(51)Int.Cl.

H01L 21/304  
B24B 37/04  
G01B 11/06  
H01L 21/66

(21)Application number : 05-037627

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO  
LTD

(22)Date of filing : 26.02.1993

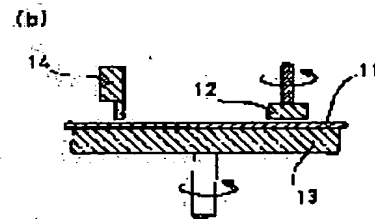
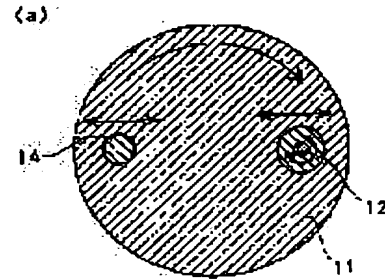
(72)Inventor : FUJII MINORU  
NISHIO MIKIO  
NOMURA NOBORU

## (54) METHOD FOR FLATTENING SEMICONDUCTOR SUBSTRATE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To make the surface of a semiconductor substrate flat by grinding a film deposited on the substrate on which an irregular pattern is formed while the thickness of the film is always monitored with a grinding device equipped with a single or plurality of grinding heads which are sufficiently smaller than the substrate.

CONSTITUTION: After sticking a silicon substrate 11 on which a film is deposited after forming an irregular pattern to a substrate holding turntable 13 turning on its axis with the main surface of the substrate 11 up, the main surface of the substrate 11 is ground by moving a grinding head 12 turning on its axis in the radial direction of the head 12 while the head 12 is press-contacted with the main surface. During the grinding operation, the average film thickness of the substrate 11 on its circumference is always monitored with a film thickness measuring device, since the detecting head section 14 of the measuring instrument is controlled so that the section 14 can be always positioned on the same circumference as that of the head 11 on the substrate 11. Film thickness data are sent to a computer and the grinding is carried on toward the central part from the outer peripheral section or toward the outer peripheral section from the central part of the substrate 11 while the position or grinding amount of the head 12 is controlled based on the film thickness data.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of  
rejection][Kind of final disposal of application other than  
the examiner's decision of rejection or

application converted r gistration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-252113

(43)公開日 平成6年(1994)9月9日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/304	3 2 1 S	8832-4M		
	M	8832-4M		
B 2 4 B 37/04	D	7528-3C		
G 0 1 B 11/06	Z	8708-2F		
H 0 1 L 21/66	P	7630-4M		

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平5-37627

(22)出願日 平成5年(1993)2月26日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 藤井 稔

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 西尾 幹夫

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 野村 登

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

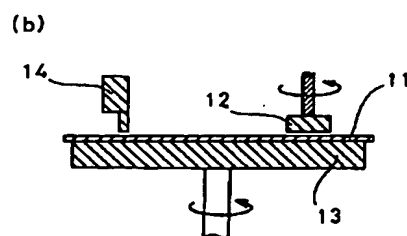
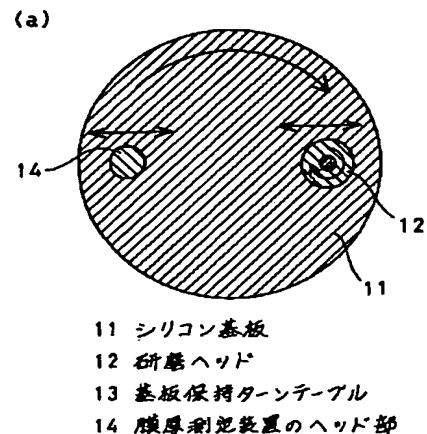
(74)代理人 弁理士 森本 義弘

(54)【発明の名称】 半導体基板の平坦化方法

(57)【要約】 (修正有)

【目的】基板より十分に小さい単数又は複数の研磨ヘッドを備えた研磨装置により、凹凸パターンを形成した基板上に堆積した膜の膜厚を常にモニターしながら前記膜を研磨し、基板表面を平坦化する。

【構成】自転する基板保持ターンテーブル13上に、凹凸パターンを形成後膜堆積を行ったシリコン基板11を主面を上にして接着した後、自転する研磨ヘッド12を圧接させながら、その半径方向に移動させて前記主面を研磨する。研磨中、膜厚検出装置の検出ヘッド部14は、基板上で常に研磨ヘッドと同一の円周上に位置するように制御されているため、円周上の平均の膜厚は常に膜厚測定装置によってモニターされている。膜厚データはコンピュータに送られ、それをもとに研磨ヘッドの位置、及び研磨ヘッドによる研磨量を制御しながら、基板の外周部から中心部、もしくは基板の中心部から外周部に向かって研磨を進める。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 凸凹パターンを形成した基板表面に膜を堆積した後、前記膜の膜厚を常に検出しながら、前記基板より小さい研磨ヘッドをもった研磨装置により、回転する前記基板上の前記膜を研磨し、前記基板表面を平坦化することを特徴とする半導体基板の平坦化方法。

【請求項2】 自転しながら基板の半径方向に移動することによって前記基板の研磨を行う前記基板より小さい研磨ヘッドの位置と、膜厚測定装置の検出ヘッド部の位置が、常に前記基板上の同一円周上にあるように、前記膜厚測定装置の検出ヘッド部の位置をコントロールすることを特徴とする請求項1記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項3】 膜厚測定装置の検出ヘッド部を、基板上の研磨ヘッドの位置に関係なく基板の半径方向に基板の移動速度より早く往復運動させながら膜厚を測定することにより、基板面内の膜厚分布を常にモニターすることを特徴とする請求項2記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項4】 基板の半径方向に列に並んだ複数の膜厚検出ヘッドを備えた膜厚測定装置により、基板面内の膜厚分布を常にモニターすることを特徴とする請求項1記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項5】 研磨ヘッドを複数個備えたことを特徴とする請求項1記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項6】 複数の研磨ヘッドを移動させず、自転のみを行うようにしたことを特徴とする請求項5記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項7】 複数の研磨ヘッドの中心軸が、基板の中心軸と重ならないようにしたことを特徴とする請求項6記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項8】 複数の研磨ヘッドを基板上に密に敷き詰めたことを特徴とする請求項6記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項9】 基板を自身の回転のみならず公転させるようにしたことを特徴とする請求項6記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項10】 複数の検出ヘッド部を備えた膜厚測定装置の各検出ヘッド部を基板上に研磨ヘッドが存在しない任意の位置に設置し、前記膜の膜厚分布を常に検出しながら研磨を行うことを特徴とする請求項6記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項11】 基板上の膜の膜厚分布データをもとに、複数の研磨ヘッドの回転数を個々のヘッド毎にコントロールすることを特徴とする請求項6記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項12】 基板上の膜の膜厚分布データをもとに、複数の研磨ヘッドにかかる圧力を個々のヘッド毎にコントロールすることを特徴とする請求項6記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項13】 基板上の膜の膜厚分布データをもとに、

複数の研磨ヘッドから前記基板表面上に供給する研磨剤を含む水溶液の供給量を個々のヘッド毎にコントロールすることを特徴とする請求項6記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項14】 基板上の膜の膜厚分布データをもとに、複数の研磨ヘッドの温度を個々のヘッド毎にコントロールすることを特徴とする請求項6記載の半導体基板の平坦化方法。

【請求項15】 凹凸パターンをもつ基板上に白色光を照射し、前記基板の反射率の波長依存性を求めた後、前記反射率のスペクトルをフーリエ変換することにより、前記反射スペクトルを前記凹凸パターンの凸部に堆積した膜からの反射率スペクトルと、前記凹凸パターンの凹部に堆積した膜からの反射率スペクトルに分離し前記凹凸パターンの凹部に堆積した膜の膜厚および凸部に堆積した膜の膜厚を同時に測定することを特徴とした請求項1記載の半導体基板の平坦化方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体装置の製造における平坦化工程に関する。

【0002】

【従来の技術】LSIの集積度が向上し素子の微細化が進むにつれ、素子製造工程はますます3次元的になり、半導体の基板に必要とされる加工寸法と同等またはそれ以上の高さの段差が形成されるようになる。基板にこのような急峻で複雑な形状をもつ段差をそのまま基板に残しておく、次に示すような様々な問題が生じる。

【0003】(1)フォトリソグラフィ工程で段差部の上下で最適な焦点位置が異なるため、パターン精度が劣化する。

(2)エッチング工程では異方性エッチングを用いるため、段差部での膜厚が厚くなると、エッチング残りを生じやすい。

【0004】(3)スパッタ法などで配線材の金属の堆積を行うと、段差部での膜の被覆率が低下し、配線の信頼性が低下する。

このような問題を解決するために、LSI製造工程においては、基板に段差をなくし表面を平坦化しながら加工を進める技術がますます重要となりつつある。

【0005】従来の平坦化法としては主に、塗布法(SOG(Spin on Glass))、流動化法(BPSGフロー)、エッチバック法などが用いられてきた(たとえば古川静二郎ら 超微細加工入門 オーム社 1989)。しかしながら、これらの方法では、局所的には比較的平坦な表面を得ることができるが、数mmにわたる比較的広い範囲では満足できる平坦度は得られていなかった。また、最近のLSIの高集積化にともない、局所的な平坦度に関しても、満足できるものではなくなりつつある。

【0006】広範囲にわたって平坦な表面を得る方法として、化学機械研磨をもちいる方法が注目されている（たとえばS. Sivaram et al. Solid State Tech. May 1992 p. 87）。この方法は、パターンを形成した半導体基板表面に膜を堆積した後、研磨により凸部を削り落とし、表面を平坦化するという原理的には非常に簡単なものである。現在、この方法により、半導体表面に堆積された各種金属（Al, W, Cu）、酸化物などが基板表面の非常に広範囲にわたって平坦に研磨されることが示されている。

【0007】以下図面を参照しながら、上記の化学機械研磨による平坦化方法の一例について説明する。図6には上記の化学機械研磨に用いられる研磨装置の要部が示されている。

【0008】図6において符号1は基板押え治具を示しており、この基板押え治具1の下面には、膜堆積、フォトリソグラフィ、ドライエッチングの繰り返しで微細凸凹パターンを形成した後、全面に膜を堆積した基板2が、たとえば真空吸着により着脱可能に接着されている。一方基板押え治具1の下方に位置するターンテーブル3の上面には研磨布4が設けられている。前記基板押え治具1によって基板2の研磨布4に圧接させるとともに、ターンテーブル3および基板押え治具1を回転させることにより、基板押え治具1の下面に接着されている基板2の主面を研磨する。その際、研磨布4に対しては、スラリーとして、例えばシリコン酸化膜研磨の際には、弱アルカリ性のコロイダルシリカなどの研磨剤を含む水溶液が供給される。またターンテーブル3上の研磨パッドとしては、ポリウレタンパッドなどが用いられる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような研磨方法では、種々の工程を経た基板2を大量に、しかも精度よく研磨することは非常に難しい。通常上記のような研磨装置を利用しての研磨にあっては、研磨布4自身の経時変化によって、研磨が進むにつれて研磨速度が低下するという問題が生じる。そのため、基板2を一枚処理することに、研磨布4を再生したり、研磨速度の低下を考慮し経験的に研磨時間を増加させるなどの操作が必要になるが、いずれの場合も、制御性は良いとはいえない。制御性を上げるためには、研磨中にその場で基板2上の膜の膜厚を検出する必要がある。しかしながら上記のような構成では、基板2の主面の全面が研磨布4に接しているため、研磨中に基板2の主面上に堆積された膜の膜厚を測定することができない。

【0010】さらに、種々の工程を経た基板2は、一般に凸または凹に反っているが、上記のような研磨装置では、反った基板2上に堆積した膜を均一に研磨することはできず、たとえば凸に反った場合であると基板2の中

心部のみを選択的に研磨することになる。

【0011】本発明は、かかる点を鑑みなされたもので、半導体の基板表面に堆積した膜を研磨する、研磨布の経時変化に影響されない、非常に制御性のよい研磨を行うことを特徴とする基板の平坦化方法を提供することを目的としている。さらに、本発明は、基板が凸または凹に反っている場合でも、反った基板上に堆積した膜を均一に研磨することができる基板の平坦化方法を提供することを目的としている。

【0012】この発明のそのほかの目的と新規な特徴については、本明細書の記述および添付図面から明かになるであろう。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、半導体の基板より小さい研磨ヘッドを備えた研磨装置により、前記基板を研磨する。基板上には研磨ヘッドが存在しない領域が存在し、その部分を利用して研磨中にその場で膜厚を測定し、研磨の終点を正確に検知する。

【0014】さらに本発明では、膜厚検出装置の検出ヘッド部を基板上を移動させるか、もしくは複数の検出ヘッド部を備えた膜厚検出装置を用い、基板面内の膜厚分布を研磨中にその場でモニターしながら研磨を行う。前記膜厚分布データをもとに、研磨ヘッドの位置、研磨ヘッドにかかる圧力などをコントロールしながら前記膜を研磨する。さらに本発明では、基板より小さい研磨ヘッドを複数個同時に用いる。さらに本発明では、自転のみを行う基板より十分小さい複数の研磨ヘッドを基板上に敷き詰めて研磨する。

【0015】

【作用】本発明によれば、研磨中に常に基板上に堆積した膜の膜厚を検出することが可能であるため、研磨ヘッドの経時変化に左右されることなく、常に所望の研磨量を研磨することが可能である。また、研磨ヘッドは基板より十分小さく、基板表面の大部分の空間が露出しているため、膜厚検出装置の検出ヘッド部を基板上を移動させるか、もしくは複数の膜厚検出ヘッド部を備えた膜厚検出装置を用いて、基板面内の膜厚分布を研磨中にその場で算出することが可能である。前記基板面内の膜厚分布をもとに、前記研磨ヘッドの位置および、前記研磨ヘッドによる研磨量をコントロールし、どのように反った基板上に堆積した膜も均一に研磨することが可能になる。つまり、基板が凹に反っている場合に周辺部だけを優先的に研磨したり、凸に反っている場合中心部だけを優先的に研磨することを防ぐことができる。さらに複数の研磨ヘッドを用い、小さいヘッドを用いることによる研磨速度の低下を防止し、上記の優れた特徴を備えながら、従来法と同程度の研磨速度を得る。

【0016】

【実施例】（実施例1）以下図面を参照して本発明の一

実施例を説明する。

【0017】図1には、本発明で用いられる研磨装置の要部が示されている。図1において符号13は基板保持ターンテーブルを示している。基板保持ターンテーブル13上には、膜堆積、フォトリソグラフィ、エッチングの繰り返しにより凸凹パターンを形成した後膜堆積を行った直径150mmもしくは200mmのシリコン基板11がたとえば真空吸着により接着されている。本実施例においては、基板保持ターンテーブル13は自転のみを行うよう設計されている。一方シリコン基板11の上面にはシリコン基板11より十分小さい、たとえば直径50mmの研磨ヘッド12が配置されている。研磨ヘッド12は自転を行いながらシリコン基板11の半径方向に移動できる構造になっている。一方、シリコン基板11上の研磨ヘッド12と対称の位置には膜厚測定装置の検出ヘッド部14が設置される。膜厚測定装置の検出ヘッド部14は、研磨ヘッド12のシリコン基板の半径方向への動きに同期して、シリコン基板の半径方向に移動するように構成されている。

【0018】次に、この装置を用いての研磨による平坦化の手順を述べる。基板保持テーブル13に接着したシリコン基板11の主面に、研磨ヘッド12を圧接させるとともに、研磨ヘッド12を自転させ、シリコン基板11上をシリコン基板11の半径方向に移動させることにより、シリコン基板11の主面を研磨する。このとき、基板保持テーブル13の自転も同時に行う。シリコン基板11上に堆積したシリコン酸化膜を研磨する場合、研磨剤としては、たとえばコロイダルシリカを水溶液中に分散させ、KOHで弱アルカリ性にPH調整されたものが用いられる。研磨剤は、研磨ヘッド12の中心からシリコン基板11上に供給する。また研磨ヘッド12の研磨面には、たとえばポリウレタンパッドを取りつけ、これを研磨布とする。研磨中、膜厚検出装置の検出ヘッド部14は、シリコン基板11上で常に研磨ヘッド12と同一の円上に位置するようにコントロールされているため、シリコン基板11上の研磨ヘッド12が存在する円周上の平均の膜厚は常に膜厚測定装置によってモニターされている。膜厚検出装置により得られた膜厚データはコンピュータに送られ、コンピュータは前記膜厚データをもとに研磨ヘッド12の位置、研磨ヘッド12にかかる圧力、研磨ヘッド12の回転数、研磨ヘッド12から供給する研磨剤の量、研磨ヘッド12の温度などをコントロールしながら、シリコン基板11の外周部から中心部、もしくはシリコン基板11の中心部から外周部に向かって研磨を進める。

【0019】本実施例によれば、シリコン基板11上の実際に研磨している円周部の平均の膜厚を常に取得しつつ研磨をおこなっているため、所望の残し膜厚で正確に研磨を終了することができる。また、本実施例のもう一つの大きい特徴としては、シリコン基板11より十分小

さい研磨ヘッド12を用いて、研磨部分の膜厚を常に取得しながら研磨しているため、平坦なシリコン基板11上に堆積した膜のみならず、凸または凹に反ったシリコン基板11上に堆積した膜をも、シリコン基板11の形状に反った形で平坦に研磨することができる。つまり、シリコン基板11が凹に反っている場合に周辺部だけを優先的に研磨したり、凸に反っている場合に中心部だけを優先的に研磨することを防ぐことができる。

【0020】本実施例において、研磨ヘッド12をシリコン基板11の外周部から中心部、もしくはシリコン基板11の中心部から外周部に向かって一度だけ動かし研磨を行うのではなく、一往復につき目標研磨膜厚の1/100程度研磨しながら、研磨ヘッド12のシリコン基板11の半径方向への移動を繰り返し行うことにより、より平坦に研磨することができる。

【0021】本実施例においては、膜厚測定装置の検出ヘッド部14を、研磨ヘッド12の位置と同期して移動させ、常に検出ヘッド部14が研磨ヘッド12とシリコン基板11上の同一円周上に存在するようにコントロールした。研磨のポイントと同一円周上での平均の膜厚をモニターするもう一つの方法として、膜厚検出ヘッド部14の位置を研磨ヘッド12の位置と同期させず、たとえば研磨ヘッド12の移動速度の10倍程度の速度でシリコン基板11上を半径方向に向かって膜厚を常にモニターしながら往復運動させる方法がある。この方法によると、現在研磨中の円周上での膜厚のみならず、シリコン基板11上での膜厚分布が得られ、シリコン基板11全体に渡っての研磨の状況を把握しながら研磨を進めることが可能であるため、研磨後のシリコン基板11の平坦性をより高めることができる。

【0022】さらに、前記高速で移動する膜厚の検出ヘッド14部のかわりに、シリコン基板11の半径方向に、複数の膜厚検出ヘッド部14を備えた膜厚測定装置の検出ヘッド部14を一列に並べることにより、基板11上での膜厚分布がリアルタイムで得られ、シリコン基板11全体にわたっての研磨の状況を把握しながら研磨を進めることが可能であるため、研磨後のシリコン基板の平坦性をより高めることができる。

(実施例2) 実施例1の基板の研磨方法は、非常に簡便な方法で、研磨の終点を正確に判定できる非常に優れた方法である。しかしながら、研磨ヘッドが小さいため研磨速度が従来例より低下する。本実施例は、実施例1の全ての特徴を備えながら、研磨速度を向上させる研磨方法に関するものである。

【0023】図2には、本発明で用いられる研磨装置の要部が示されている。装置の構成は実施例1の研磨装置(図1)とほぼ同等である。実施例1との違いとしては、研磨ヘッド22が3つ存在し、それぞれが独立に制御されている。各研磨ヘッド22はシリコン基板21の半径方向に自由に移動できるように設計されており、そ

れぞれがシリコン基板21上の同一円周上に存在することも、任意の位置に位置することも可能である。また、膜厚検出装置としては、実施例1記載の、複数の研磨ヘッドを備えた膜厚測定装置を用いており、膜厚検出ヘッド列24がシリコン基板21の半径方向に配置されている。

【0024】この装置を用いての研磨による平坦化の手順は、研磨ヘッド22が3つ存在すること以外は基本的には実施例1と同等である。シリコン基板21上の膜の膜厚分布は、複数の検出ヘッド列24を備えた膜厚測定装置によりリアルタイムでモニターされている。前記膜厚分布データをもとに、各研磨ヘッド22の位置、各研磨ヘッド22にかかる圧力、各研磨ヘッド22の回転数、温度、各研磨ヘッド22から供給する研磨剤の量などを独立に制御し、シリコン基板21を平坦に研磨する。

【0025】本実施例によれば実施例1と同様、シリコン基板11上の実際に研磨している円周部の膜厚を常に取り得しつつ、膜厚データを研磨ヘッド22のコントロール部にフィードバックをかけているため、所望の残し膜厚で正確に研磨を終了することができる。また、シリコン基板21より十分小さい研磨ヘッド22を用いて、研磨部分の膜厚を常に取り得しながら研磨しているため、平坦なシリコン基板21上に堆積した膜のみならず、凸または凹にそったシリコン基板21上に堆積した膜をも、シリコン基板21の形状に反った形で平坦に研磨することができる。さらに、研磨ヘッド22を複数備えているため、実施例1の研磨方法より研磨速度を大幅に高めつつ、上記性能を維持させることができる。

【0026】本実施例では、研磨ヘッド22が3個の場合を示したが、研磨ヘッド22の数は、膜厚測定装置のヘッド部の列24が設置でき、個々の研磨ヘッド22の動きが互いに干渉されない限り、何個でもよく、研磨ヘッド22の数が増加するほど研磨速度は向上する。

(実施例3) 実施例1および実施例2の研磨方法は、研磨の終点を正確に検知できることおよび凸または凹に反ったシリコン基板上に堆積した膜をも、シリコン基板の形状に反った形で平坦に研磨することができるという優れた特徴を持っている。本実施例は、実施例1および2の研磨方法をさらに進化させ、凸または凹に反ったシリコン基板上に堆積した膜のみならず、表面がより複雑に凸凹したシリコン基板（たとえば凸または凹に反ってるシリコン基板でも、凸または凹の中心がシリコン基板の中心からずれているシリコン基板）を、より高速に平坦化するシリコン基板の平坦化方法である。以下図面を参照して本実施例を説明する。

【0027】図3には、本実施例で用いられる研磨装置の要部が示されている。図3において符号33は基板保持ターンテーブルを示している。基板保持ターンテーブル33上には、膜堆積、フォトリソグラフィ、エッチ

ングの繰り返しにより凸凹パターンを形成した後膜堆積を行った直径200mmのシリコン基板31が、たとえば真空吸着により接着されている。一方シリコン基板31の上面には複数の研磨ヘッド32がシリコン基板31の全面を覆う形で密に敷き詰められている。個々の研磨ヘッド32の直径は、たとえば40mm程度とする。実施例1および2とは異なり、個々の研磨ヘッド32は自転のみを行ない、その研磨ヘッド中心軸36は固定されている。研磨剤は、個々の研磨ヘッド32の中心部からシリコン基板31の表面に供給される。各研磨経度部32と研磨ヘッド32のすきまには、膜厚検出機の検出部34が備え付けられており、各ポイントでの膜厚をリアルタイムで測定する。

【0028】次に、この装置を用いての研磨による平坦化の手順を述べる。基板保持ターンテーブル33上に接着したシリコン基板31の主面に、シリコン基板31上に敷き詰められた複数の研磨ヘッド32を圧接させるとともに、個々の研磨ヘッド32を自転させ、シリコン基板31の主面を研磨する。研磨の際、本実施例の特徴の一つとして、基板保持テーブル33を自転のみならず公転もさせることにより、シリコン基板31の主面をより均一に研磨する。研磨の際の研磨剤としては、たとえばシリコン酸化膜を研磨する場合は、コロイダルシリカを水溶液中に分散させ、KOHなどで弱アルカリ性にPH調整されたものが用いられる。また、研磨ヘッド32の研磨面には、たとえばポリウレタンパッドが接着され研磨布として用いられる。研磨中、シリコン基板31上の各ポイントでの膜厚は複数の検出ヘッド部34をもった膜厚検出装置によってモニターされている。膜厚検出装置によって得られた膜厚データはコンピュータに送られ、コンピュータはシリコン基板31の自転および公転のデータから各測定ポイントのシリコン基板31上での位置を計算し、シリコン基板31上での膜厚分布データをリアルタイムで算出する。コンピュータは、前記膜厚分布データをもとに、個々の研磨ヘッド32にかかる荷重を変化させながらシリコン基板31を平坦に研磨する。

【0029】本実施例によれば実施例1および2と同様、シリコン基板31上の膜の膜厚を常に取り得しつつ、膜厚データを研磨ヘッド32のコントロール部にフィードバックをかけているため、所望の残し膜厚で正確に研磨を終了することができる。また、個々のシリコン基板31より十分小さい研磨ヘッド32を移動させず、シリコン基板31上のある位置に固定することにより、シリコン基板31上の研磨ヘッド32と研磨ヘッド32の間に膜厚検出装置のヘッド部34を設置することが可能になる。各検出ヘッド部34からの信号の取得タイミングとシリコン基板31の自転スピードおよびシリコン基板31の公転半径とスピードをコンピュータで処理することにより、シリコン基板31上の膜厚測定ポイントを正

確に同定することができ、シリコン基板31上の各円周上での平均の膜厚のみならず、シリコン基板31上の各ポイントでの膜厚を測定することが可能になる。得られたシリコン基板31上での膜厚分布にもとずいて、各研磨ヘッド32にかかる圧力をコントロールすることにより、平坦なシリコン基板31上の膜はいうに及ばず、凸または凹に反ったシリコン基板31上に堆積した膜のみならず、より複雑な表面形状をもったシリコン基板31（たとえば凸や凹の反っている場合でも凸や凹の中心がシリコン基板31の中心からずれているようなシリコン基板31）上に堆積した膜も、シリコン基板31表面の形状に反った形で平坦に研磨することができる。さらには、研磨ヘッド32を密に敷き詰めているため、研磨速度を大幅に高めることができる。

【0030】なお、本実施例において、個々の研磨ヘッド32ごとの研磨速度制御の方法として、個々の研磨ヘッド32にかかる圧力を変化させたが、個々の研磨ヘッド32の回転数を変化させることによっても個々の研磨ヘッド32による研磨速度をコントロールすることができる。また、個々の研磨ヘッドから、ウエハーに供給するスラリーの量をコントロールすることによっても、個々の研磨ヘッド32による研磨速度をコントロールすることができる。また、個々の研磨ヘッド32にヒーターを備え、前記ヒーターの温度をコントロールすることによっても、個々の研磨ヘッド32による研磨速度をコントロールすることができる。さらには、上記個々の研磨ヘッド32にかかる圧力、個々の研磨ヘッド32の回転数、個々の研磨ヘッド32からシリコン基板31に供給するスラリーの量、個々の研磨ヘッド32の温度のコントロールを複数組み合わせることにより、個々の研磨ヘッド32による研磨速度をコントロールすることができる。

【0031】上記、実施例1、2、3において、いずれの場合も研磨中にシリコン基板上の膜の膜厚をモニターしながら研磨をおこなっている。シリコン基板に凸凹パ

ターンが形成され、その上に膜が堆積してある場合の膜厚検出は比較的困難である。次に、本実施例で用いた膜厚検出法を示す。図4に示すように、シリコン基板101上に、高さ1μmのポリシリコンパターン102を形成し、その上に厚さ2.5μmのシリコン酸化膜103を形成した基板を研磨する。目標残し膜厚はポリシリコンパターン上で0.5μmとする。

【0032】光源としてたとえばタングステンランプなどの白色光源を用い、よく知られている通常の方法により、基板の反射率のスペクトルを測定する。図5（A）

（b）は図4のパターンから得られる反射率スペクトルである。本実施例では、入射光のエネルギーとして、

1.5eVから4eVの範囲を用いた。エネルギーが増加するにともない反射率が振動しながら増加しているのは、このエネルギー範囲では、シリコン酸化膜103の屈折率ほとんどを分散を示さないが、下地のシリコン基板101およびポリシリコンパターン102が比較的大きい分散を示すことに起因する。図5（A）（b）のスペクトルをフーリエ変換したものを、図5-（A）

（c）にしめす。ただし、図5（A）（c）では、フーリエ変換により得られた複素数スペクトルの絶対値の2乗をとった後、3次元スプライン曲線により補間を行っている。図5（A）（c）の横軸はエネルギーの逆数のディメンジョンになっている。図5（A）（c）において、段差上と段差下で膜厚が同じであり、また、このエネルギー範囲ではシリコン酸化膜103の屈折率はほとんど分散を持たないため、単一のピークが表れている。横軸が1以下の部分が非常に大きい値になっているのは、図5（A）（b）のDC成分や、シリコンの屈折率の分散に起因する非常に周期の長い信号によるものである。シリコン酸化膜103の屈折率が分散を持たないと仮定すると、図5（A）（c）のピークの位置から下記式1を用いて膜厚を求めることができる。

【0033】

【数1】

$$d = \frac{\frac{h}{e} \times c \times A}{2 \times n}$$

d：膜厚

h：プランク定数 6.62618e-34(Js)

c：真空中での光速 2.99792458e8(m/s)

e：電子の電荷 1.60219E-19(C)

A：フーリエ変換後のスペクトルのピーク位置

n：膜の測定波長内での平均の屈折率

【0034】図5（A）（a）から、研磨を開始し、図5（B）（a）状態になった場合の、反射率スペクトル

とそのフーリエ変換を図5（B）（b）、図5（B）

（c）に示す。この段階では、段差上に堆積した膜のみ



研磨され、段差下に堆積した膜は研磨されないため、それぞれの膜厚に対応してピークが2つに分裂する。段差下に堆積した膜からのピークは図5(A)(c)と同じ位置に位置し、段差上の膜からのピークは研磨され薄くなったことに対応して値の小さい方にシフトする。

【0035】さらに研磨が進み図5(C)(a)のように、段差上の高さが段差下の高さと同じした場合の反射率スペクトルとそのフーリエ変換を図5(C)(b)、図5(C)(c)に示す。段差下に堆積した膜からの信号は、依然同じ位置に位置しているが、段差上に堆積した膜からの信号はさらに低い値の方にシフトしている。

【0036】研磨がさらに進み図5(D)(a)のように、段差上の膜も段差下の膜も研磨した場合の反射率スペクトルとそのフーリエ変換を図5(D)(b)、図5(D)(c)に示す。段差下に堆積した膜も研磨されているため、段差下に堆積した膜からの信号も、低い値の方にシフトし、同時に段差上に堆積した膜からの信号はさらに低い値の方にシフトする。つまり、フーリエ変換スペクトルを常にモニターすることにより、段差下部上の膜が研磨され始めた瞬間を正確に把握することができる。

【0037】研磨がさらに進み、図5(E)(a)のように目標の残し膜厚に達した場合の、反射率スペクトルとそのフーリエ変換を図5(E)(b)、図5(E)(c)に示す。

【0038】以上のように、反射率スペクトルのフーリエ変換後のピークの位置を常にモニターし、式1により逐次膜厚に換算しながら研磨を進めることにより、凸凹段差を形成した基板上に堆積した膜を研磨する場合でも、膜厚の絶対値をモニターすることができ、正確に研磨の終点を検出することができる。ちなみに、フーリエ変換後のスペクトルのサンプリング間隔は、反射率スペクトルの測定エネルギー範囲に依存し、測定エネルギー範囲が狭い場合は、ピーク位置を精度よく同定するのは難しい。本実施例では、フーリエ変換により得られた複素数スペクトルの絶対値の2乗をとった後、3次元スプライン曲線により補間を行い、ピーク位置を正確に読み取る工夫をしており、測定範囲内で膜の屈折率が変動しない場合は、約0.05 $\mu\text{m}$ 程度の精度で膜厚の絶対値を求めることが可能である。

【0039】本実施例では、段差が一段だけの場合を示したが、本発明の膜厚検出方法は、段差が1段の場合だけではなく、段差が2段3段の場合にも適用することができる。

【0040】本実施例においては、膜厚をリアルタイムで測定する必要があるため、反射率スペクトルの測定には、分光器とマルチチャンネル光検出器の組み合わせが必要となる。さらには、マルチチャンネル光検出器としてタイオードアレーのような一次元光検出器を用いるよりも、CCDカメラなどの2次元検出器を用いることが望

ましいCCDカメラでは画素は2次元に配列されているため、分光器により波長分解された光の強度検出に、ある一方向に配列した画素を用いた場合、もう一方向の配列を他の用途に用いることができる。実施例2、3では、基板面内の複数の点で膜厚をモニターしながら研磨することを特徴としているため、一次元光検出器が複数台必要になる。CCDカメラを用いることにより、一次元光検出器を複数並べたものと同等の働きを一素子で行うことができ、コストの削減と装置サイズの大幅な縮小を同時に達成する。また、単一の素子を用いるため、各膜厚検出ヘッド間の検出膜厚の精度を、大幅に改善することができる。

#### 【0041】

【発明の効果】本発明において開示される発明のうち代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば下記の通りである。

【0042】本発明によれば、研磨中に常に基板上に堆積した膜の膜厚を検出することが可能であるため、研磨ヘッドの経時変化に左右されることなく、常に所望の研磨量を研磨することが可能である。また、基板より十分小さい研磨ヘッドを用いることにより、基板表面の大部分の空間が露出しているため、膜厚検出装置の検出ヘッド部を基板上を移動させるか、もしくは複数の膜厚検出ヘッド部を備えた膜厚検出装置を用いることにより、基板面内の膜厚分布を研磨中にその場で算出することが可能である。前記基板面内の膜厚分布をもとに、前記研磨ヘッドをコントロールすることにより、どのように反った基板上に堆積した膜も均一に研磨することが可能になる。つまり、基板が凹に反っている場合に周辺部だけを優先的に研磨したり、凸に反っている場合中心部だけを優先的に研磨することを防ぐことができる。さらに複数の研磨ヘッドを用いることにより、小さいヘッドを用いることによる研磨速度の低下を防止し、上記の優れた特徴を備えながら、従来法と同程度の研磨速度を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明の第1の実施例の研磨方法の実施に使用されるポリッシング装置の一部を示す平面図  
(b)は同断面図

【図2】(a)は本発明の第2の実施例の研磨方法の実施に使用されるポリッシング装置の一部を示す平面図  
(b)は同断面図

【図3】(a)は本発明の第3の実施例の研磨方法の実施に使用されるポリッシング装置の一部を示す平面図  
(b)は同断面図

【図4】シリコン基板上にポリシリコンの段差を形成した後、シリコン酸化膜を堆積した基板の断面図

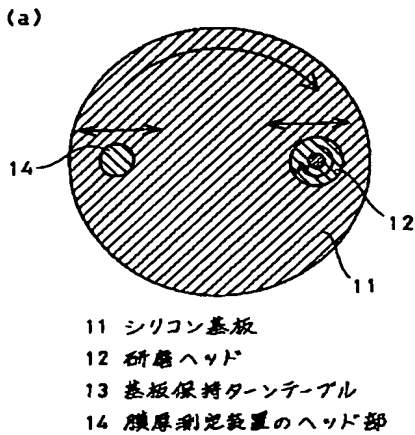
【図5】(A)は研磨前の状態、(B)は0.5 $\mu\text{m}$ 研磨後、(C)は1 $\mu\text{m}$ 研磨し、基板表面が平になった状態、(D)は0.5 $\mu\text{m}$ 研磨後、(E)は2.0 $\mu\text{m}$ 研

磨し目標残し膜厚に到達した場合の状態を示し、(a)は研磨が進むにともなう基板断面図、(b)は基板の反射率のスペクトル図、(c)は基板の反射率のスペクトルをフーリエ変換した後、絶対値の2乗を求め、その後3次元スプライン曲線により補間したスペクトル図  
 【図6】従来のポリッシング装置の一部を示す断面図

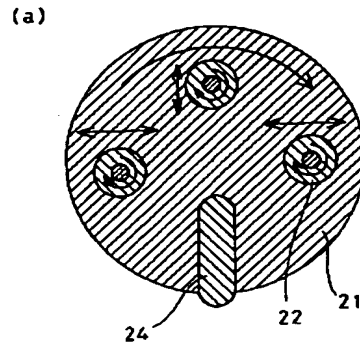
## 【符号の説明】

- 11 シリコン基板  
 12 研磨ヘッド  
 13 基板保持ターンテーブル  
 14 膜厚測定装置のヘッド部

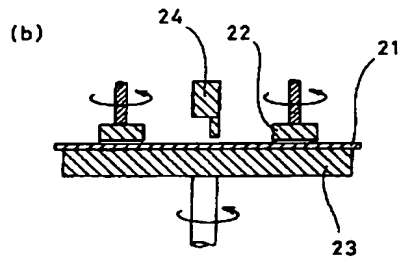
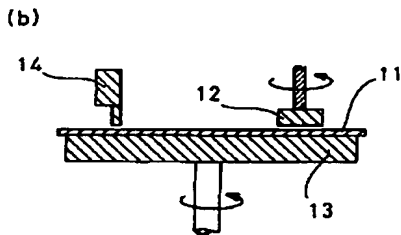
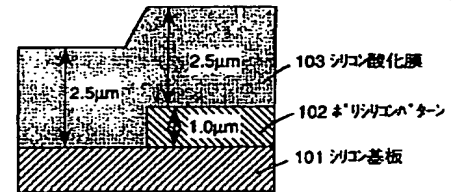
【図1】



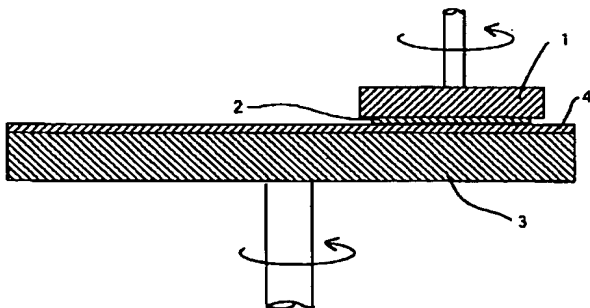
【図2】



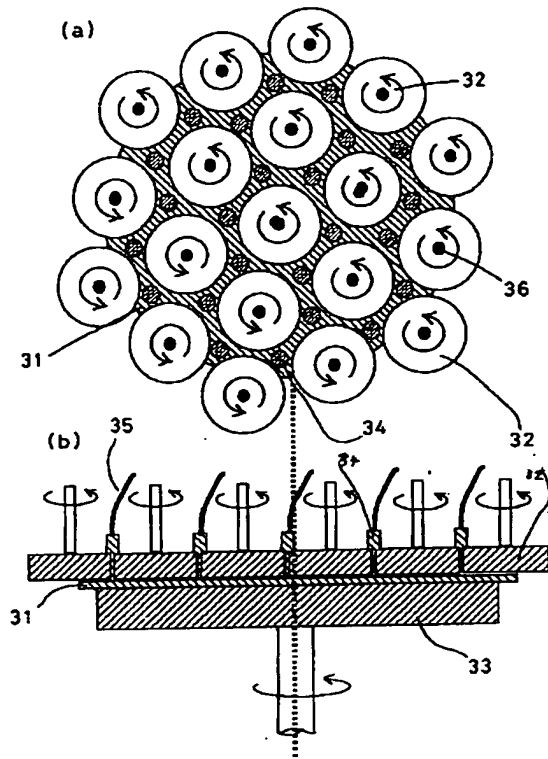
【図4】



【図6】



【図3】



【図5】

